

DERWENT-ACC-NO: 2001-193750

DERWENT-WEEK: 200120

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Pressure sensor includes optical
fiber arranged oppositely with respect to reflecting
surface of diaphragm, whose end surface is
connected to support positioned in parallel configuration
with reflecting surface

PATENT-ASSIGNEE: NAGANO-KEN[NAGAN] , OKAYA DENKI SANGYO
KK[OKAYN]

PRIORITY-DATA: 1999JP-0038451 (February 17, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PAGES	PUB-DATE	MAIN-IPC	
JP 2000241270 A		September 8, 2000		N/A
013	G01L 009/00			

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
JP2000241270A	N/A	
1999JP-0038451	February 17, 1999	

INT-CL (IPC): G01L009/00, G02B006/00 , H01L029/84

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2000241270A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The sensor module (12) has a reflecting mirror
surface (34) formed on
the diaphragm (32). A support (28) is arranged in parallel
configuration with
respect to the reflecting surface (34) at back side of

silicon substrate (26)
which is separated by space (d). An optical fiber (16) is
connected to support
(28) such that it is arranged oppositely to reflecting
surface (34).

DETAILED DESCRIPTION - The optical fiber (16) transmits
light from light source
(14) to the sensor module (12) and transmits the reflected
light at reflecting
surface of sensor module as interference reflected light
(B12) to receiver. A
processing unit receives the amplified electrical signal
output from receiver
and converts it into pressure. The support (28) which is a
transparent
material comprising Pyrex RTM, glass and silicon is
attached to sensor module
by anode joining.

USE - For measuring pressure of liquid and flammable gas
using interference
light phenomenon.

ADVANTAGE - The pressure of gas and fluid that has a
property of ignition or
explosion is safely measured optically using interference
light phenomenon.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows the block
diagram of pressure
sensor.

Sensor module 12

Light source 14

Optical fiber 16

Silicon substrate 26

Support 28

Diaphragm 32

Reflecting surface 34

Interference reflected light B12

Space d

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/13

TITLE-TERMS: PRESSURE SENSE OPTICAL ARRANGE OPPOSED RESPECT
REFLECT SURFACE

DIAPHRAGM END SURFACE CONNECT SUPPORT POSITION
PARALLEL
CONFIGURATION REFLECT SURFACE

DERWENT-CLASS: P81 S02 V07

EPI-CODES: S02-F04A2; S02-F04J; V07-N01;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-137902

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-241270

(P2000-241270A)

(43) 公開日 平成12年9月8日(2000.9.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード(参考)
G 0 1 L 9/00		G 0 1 L 9/00	B 2 F 0 5 5
G 0 2 B 6/00		H 0 1 L 29/84	Z 2 H 0 3 8
H 0 1 L 29/84		G 0 2 B 6/00	B 4 M 1 1 2

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平11-38451

(22) 出願日 平成11年2月17日(1999.2.17)

(71) 出願人 000122690

岡谷電機産業株式会社

東京都渋谷区渋谷1丁目8番3号

(71) 出願人 391001619

長野県

長野県長野市大字南長野字幅下692-2

(72) 発明者 河西 良人

長野県岡谷市天竜町3-20-32 岡谷電機

産業株式会社長野製作所内

(72) 発明者 花岡 健一

長野県松本市宮田33-10

(74) 代理人 100096002

弁理士 奥田 弘之 (外1名)

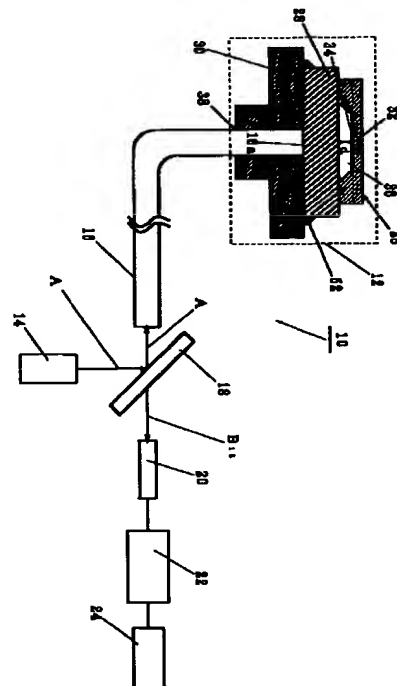
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧力センサ

(57) 【要約】

【課題】 発火性のあるガスや液体等の流体の圧力を安全に測定することのできる圧力センサを実現する。

【解決手段】 センサ部12と、光源14と、光源14の光Aをセンサ部12に伝送すると共に、センサ部12からの干渉反射光B₁₂を伝送する光ファイバ16と、干渉反射光B₁₂を受光し、その強度に比例した電気信号を出力する受光部20と、該受光部20の出力する電気信号を増幅する増幅部22と、増幅電気信号を圧力値に変換する処理部24とを備えて成る。センサ部12は、圧力に比例して弾性変形するダイアフラム32及びダイアフラム32裏面に形成された鏡面34を有するシリコン基板26と、シリコン基板26裏面に陽極接合され、その表面が上記鏡面34と間隙dを隔てて平行配置されるガラスより成る台座28とを有し、光ファイバ16は、その一端面16aが、台座28を間に介して、鏡面34と対向配置されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 センサ部と、光源と、光源からの光を上記センサ部に伝送すると共に、センサ部からの反射光を伝送する光ファイバと、センサ部からの反射光を受光し、反射光の強度に比例した電気信号を出力する受光部と、該受光部で出力された電気信号を圧力値に変換する処理部とを備えた圧力センサであって、上記センサ部は、圧力に比例して弾性変形するダイアフラム及び該ダイアフラム裏面に形成された反射面とを有するセンサ基板と、該センサ基板の裏面に接合され、その表面が上記センサ基板の反射面と所定の間隙を隔てて平行配置される透光性材料より成る台座とを有しており、また、上記光ファイバは、その一端面が、上記台座を間に介して、上記反射面と対向配置されていることを特徴とする圧力センサ。

【請求項2】 上記センサ基板をシリコンで構成すると共に、上記台座をバイレックスガラスで構成し、上記シリコンで構成されたセンサ基板とバイレックスガラスで構成された台座とを陽極接合することを特徴とする請求項1に記載の圧力センサ。

【請求項3】 上記反射面を鏡面と成したことを特徴とする請求項1又は2に記載の圧力センサ。

【請求項4】 上記受光部をフォトダイオードで構成すると共に、該フォトダイオードから出力された電気信号を増幅する増幅部を設けたことを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の圧力センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、発火性のあるガスや液体等の流体の圧力を測定するのに好適な圧力センサに係り、特に、光の干渉現象を利用して圧力を測定する圧力センサに関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、流体等の圧力を測定するため、半導体型圧力センサが広く使用されている。図13は、斯かる従来の半導体型圧力センサ70の基本構成を示すものであり、該半導体型圧力センサ70は、シリコン基板72の裏面を一部くりねいて薄肉状に形成したダイアフラム74と、シリコン基板72の表面に形成した複数のゲージ抵抗76と、シリコン基板72の裏面に接着されたガラス台座78とを備えている。また、上記複数のゲージ抵抗76は、配線80を介して結線されブリッジ回路（図示せず）を構成している。上記構成を有する半導体型圧力センサ70に圧力が印加されると、ダイアフラム74が変形し、その結果、ゲージ抵抗76に歪みが生じ、その抵抗値が変化することとなる。従って、ブリッジ回路に電圧を印加し、ダイアフラム74に圧力を印加した時の出力と、圧力を印加しないときの出力との電圧差を測定することにより、印加された圧力値を測定することができるのである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような従来の半導体型圧力センサ70は、電気信号を利用して圧力の測定を行うものであるため、測定対象が発火性のあるガスや液体等である場合には、ゲージ抵抗76間を結線する配線80の接続不良等に起因して生じる火花によって、ガスや液体が発火したり、爆発する危険性があり、安全な使用を確保することができなかった。また、電気信号を利用した上記半導体型圧力センサ70は、その応答性が悪いという欠点があった。

【0004】この発明は、上記問題点を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、発火性のあるガスや液体等の流体の圧力を安全に測定することができると共に、応答性の良好な圧力センサを実現することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る圧力センサは、センサ部と、光源と、光源からの光を上記センサ部に伝送すると共に、センサ部からの反射光を伝送する光ファイバと、センサ部からの反射光を受光し、反射光の強度に比例した電気信号を出力する受光部と、該受光部で出力された電気信号を圧力値に変換する処理部とを備えた圧力センサであって、上記センサ部は、圧力に比例して弾性変形するダイアフラム及び該ダイアフラム裏面に形成された反射面とを有するセンサ基板と、該センサ基板の裏面に接合され、その表面が上記センサ基板の反射面と所定の間隙を隔てて平行配置される透光性材料より成る台座とを有しており、また、上記光ファイバは、その一端面が、上記台座を間に介して、上記反射面と対向配置されていることを特徴とする。

【0006】上記圧力センサにあつては、光源から光が出力されると、その光は、上記光ファイバによってセンサ部まで伝送され、透光性材料より成る上記台座内へ入射する。入射した光の一部は、台座の上端面で反射されて、第1の反射光として、台座の下端面から出射されて再び光ファイバ内へ入射する。一方、台座内へ入射した残りの光は、台座の上端面から出射し、ダイアフラム裏面に形成された上記反射面で全反射されて、第2の反射光として、再び台座内に入射した後、台座の下端面から出射されて光ファイバ内へ入射する。

【0007】従って、上記第2の反射光は、台座表面と反射面との間の間隙を往復する距離の分だけ、第1の反射光よりも長い光路を通ることとなる。すなわち、第1の反射光と第2の反射光の間には、台座表面と反射面との間の間隙を往復する距離に相当する光路差が存在することとなり、斯かる光路差の存在に起因して、上記第1の反射光と第2の反射光とは互いに干渉し合つて干渉反射光として光ファイバ内を進むこととなる。この干渉反射光は、光源の光の波長を λ とすると、 $\lambda/2$ の周期

毎に、上記第1の反射光と第2の反射光とが互いに強め合った明るい干渉反射光と、互いに弱め合った暗い干渉反射光とを交互に繰り返す。つまり、干渉反射光は、 $\lambda/2$ の周期毎にその明暗（光強度）が変化することとなる。

【0008】ここで、ダイアフラムに圧力が印加されていない状態のとき、最も明るい干渉反射光となるように設定したとする。この状態でダイアフラムに圧力を印加していくと、ダイアフラムが変形して上記間隙が小さくなるに従って干渉反射光は徐々に暗くなっていき、ダイアフラムが $\lambda/4$ 変形したときに、最も暗い干渉反射光となる。つまり、ダイアフラムの変形量が $\lambda/4$ 以下の範囲内において、台座の表面と反射面との間の間隙と、干渉反射光の光強度とが、1対1の比例関係となるのである。

【0009】そして、上記受光部は、反射光の強度に比例した電気信号を出力することから、ダイアフラムに圧力が印加されず、ダイアフラムの変形量が0の場合に最大の電気信号を出力し、ダイアフラムに所定の圧力が印加されて、ダイアフラムの変形量が $\lambda/4$ となった場合に最小の電気信号を出力することとなる。従って、予め、印加圧力と受光部から出力される電気信号との関係式を求めておけば、上記処理部で電気信号を圧力値に変換する演算処理を行うことにより、ダイアフラムに印加された圧力を測定できるのである。

【0010】上記センサ基板をシリコンで構成すると共に、上記台座をバイレックスガラスで構成し、上記シリコンで構成されたセンサ基板とバイレックスガラスで構成された台座とを陽極接合した場合には、接着剤を使用せずにセンサ基板と台座とを接合できるため、センサ基板の反射面と台座表面との間の平行度を高めることができる。

【0011】尚、上記反射面を鏡面と成すことにより、光源からの光の反射効率を高めることができる。

【0012】上記受光部は、動作速度の速いフォトダイオードで構成すると共に、フォトダイオードから出力される微小な電気信号を増幅する増幅部を設けるのが望ましい。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を、図面に基いて説明する。図1は、本発明に係る圧力センサ10を示す全体構成図である。本発明の圧力センサ10は、センサ部12と、光源14と、光源14からの光をセンサ部12に伝送すると共に、センサ部12からの反射光を伝送する光ファイバ16と、光源14からの光を光ファイバ内へ入射すると共に、センサ部12からの反射光を透過するハーフミラー18と、センサ部12からの反射光を受光し、反射光の強度に比例した電気信号を出力する受光部20と、受光部20で出力された電気信号を増幅する増幅部22と、該増幅部22で増幅された電気信号を圧力値に変換する演

算処理を行う処理部24とを備えている。

【0014】上記センサ部12は、センサ基板としてのシリコン基板26と、該シリコン基板26の裏面と陽極接合され、シリコン基板12を支持する透光性材料、本実施の形態においてはガラス板より成る台座28と、該台座28の裏面に接着された金属フランジ30とから構成されている。

【0015】上記シリコン基板26は、その裏面を一部削って薄肉に形成したダイアフラム32を有している。該ダイアフラム32は可撓性を有し、その表面に圧力が印加されると、印加された圧力に比例して弾性変形するようになっている。上記ダイアフラム32の裏面は、光源からの光を反射するための反射面を構成しており、本発明においては、光の反射効率を高めるため鏡面34と成している。上記シリコン基板26と台座28との間には、上記ダイアフラム32を形成するために削り取ったシリコンの体積に相当する空間36が形成されており、該空間36には空気が封入されている。尚、上記シリコン基板26と台座28とは、鏡面34と台座28の表面とが所定の間隙dを隔てて平行配置されるように接合されている。

【0016】上記金属フランジ30の中央には、その軸線に沿って上端から下端まで貫通する貫通孔38が形成されており、該貫通孔38には、上記光ファイバ16の一端側が挿通され、光ファイバ16の端面16aが上記台座28の裏面と当接されている。また、光ファイバ16の端面16aと、シリコン基板26の鏡面34とが、上記空間36及び台座28を間に介して対向配置されている。

【0017】尚、図示の便宜上、図1においては、センサ部12の大きさを強調して描かれているが、上記シリコン基板26は5mm角で厚さが0.1~0.5mm程度、ダイアフラム32の鏡面34は2mm角程度、台座28は7mm角で厚さ1mm程度、また、シリコン基板26の鏡面34と台座28の表面との間の間隙dは1~10μm程度である。また、光ファイバ16の直径は1mm程度である。

【0018】上記光源14は、670nmの波長の光を出力する半導体レーザで構成されている。また、上記受光部20は、動作速度が速く、光の強度に比例した電流信号を出力するフォトダイオードで構成されている。さらに、上記増幅部22は、上記フォトダイオードから出力される電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換回路と、変換された電圧信号を増幅する増幅回路とから構成されている。

【0019】以下において、上記センサ部12の製造方法を、図2乃至図9に基づいて説明する。まず、シリコン基板26の一面を酸化させることにより、SiO₂薄膜39を形成し、その後、上記SiO₂薄膜39の一面全域に、フォトレジスト40を均一に塗布する（図2）。次に、フォトレジスト40の上方に、中央の方形部分を除いて遮光塗料42が塗布されたフォトマスク44を被せ、紫外線UVによる露光処理を施す（図3）。この結果、遮光塗料42によって紫外線UVが遮られる部分を除き、フォトレジ

スト40の表面が感光する。つぎに、所定の薬品を用いてフォトレジスト40の中で感光された部分を除去し、SiO₂ 薄膜39の一面にフォトレジスト・マスク46を形成する(図4)。

【0020】つぎに、BHF (Buffered 弗酸を用いたウェットエッチング) により、SiO₂ 薄膜39の中でフォトレジスト・マスク46で覆われていない部分を除去した後に、フォトレジスト・マスク46を剥離することにより、酸化膜マスク47を形成する(図5)。

【0021】その後、シリコン基板26の一面に異方性ウェットエッチングを施すことにより、上記酸化膜マスク47で覆われていない部分を侵食させてシリコン基板26の一面に凹部を形成する(図6)。さらに、上記異方性ウェットエッチングを進めることにより、上記凹部底面を鏡面34と成した後、上記酸化膜マスク47を剥離する(図7)。尚、異方性ウェットエッチング用のエッチング液としては、KOH水溶液(KOHの割合が40重量%)を用いており、その溶液温度は摂氏20〜50度程度に設定される。

【0022】つぎに、上記シリコン基板26と台座28とを、陽極接合法を用いて接合する。この陽極接合法は、図8に示すように、内部にNa⁺やH⁺などの可動イオンを含むガラス、例えばバイレックスガラスで構成された台座28をホットプレート48上に載置すると共に、該台座28の表面上に、上記シリコン基板26を、凹部の形成されている一面周辺部が台座28表面に当接するようにして載置する。また、上記台座28には、ホットプレート48を経由して直流電源50のマイナス側が接続されると共に、上記シリコン基板26には直流電源50のプラス側を接続する。そして、上記ホットプレート48によって、上記台座28及びシリコン基板26を摂氏200〜600度に加熱した状態で、上記直流電源50より50〜1000Vの直流電圧を印加する。この結果、一定時間経過後にはバイレックスガラスで構成された台座28中の陽イオンがマイナス側(すなわち台座28の裏面近傍)に移動すると共に、台座28の表面とシリコン基板26との界面近傍にマイナスの電荷が集中して空間電荷層が現れ、大きな吸引力を伴う化学結合が生じて陽極接合が実現されるのである。而して、本発明の圧力センサ10は、後述するように、光の反射を利用して圧力測定を行うものであることから、シリコン基板26の鏡面34と台座28表面との間の平行度が極めて重要となるが、上記陽極接合法は接着剤を使用しないため、極めて高い平行度でシリコン基板26と台座28との接合を行うことができる。

【0023】シリコン基板26と台座28との陽極接合が完了した後、シリコン基板26の他面を研磨して、所定の肉厚を有するダイアフラム32を形成する。その後、台座28裏面に、光ファイバ16が貫通孔38に挿通された状態の金属フランジ30の表面を接着し、最後に、台座28と金属フランジ30との接着部周縁を接着材52で固定することによ

り、上記センサ部12を製造することができるのである(図9)。

【0024】次に、上記圧力センサ10によって圧力を測定する方法について説明する。上記光源14から出力された670nmの波長の光Aは、ハーフミラー18によって約50%程度が反射されて、光ファイバ16内へ入射する。光ファイバ16内を伝送された光Aは、光ファイバ16の一端から出射されて台座28内へ入射する。台座28内へ入射した光Aの一部は、図10に示すように、台座28の上端面28aで反射されて、第1の反射光B₁として、台座28の下端面28bから出射されて再び光ファイバ16内へ入射する。一方、台座28内へ入射した残りの光Aは、台座28の上端面28aから空間36内に入射し、鏡面34で全反射されて、第2の反射光B₂として、再び台座28内に入射した後、台座28の下端面28bから出射されて光ファイバ16内へ入射する。

【0025】図10において、台座28の表面と鏡面34との間の間隙をd₁とすると、第2の反射光B₂は、上記間隙d₁を往復する距離(2d₁)の分だけ、第1の反射光B₁よりも長い光路を通ることとなる。すなわち、第1の反射光B₁と第2の反射光B₂の間には、光路差(2d₁)が存在することとなり、斯かる光路差(2d₁)の存在に起因して、第1の反射光B₁と第2の反射光B₂とは互いに干渉し合って干渉反射光B₁₂として光ファイバ16内を進むこととなる。

【0026】そして、空気の充填された空間36内を進んだ後、シリコン基板26の鏡面34で全反射される第2の反射光B₂は、その位相がλ/2(λは光源の光の波長)ずれることとなる。この結果、光路差(2d₁)がλ/2の奇数倍の時は、第1の反射光と第2の反射光とは、互いに強め合って明るい干渉反射光B₁₂となり、一方、光路差(2d₁)がλ/2の偶数倍の時は、第1の反射光B₁と第2の反射光B₂とは、互いに弱め合って暗い干渉反射光B₁₂となる。つまり、λ/2の周期毎に干渉反射光B₁₂の明暗(光強度)が変化するのである。

【0027】今、ダイアフラム32に圧力が印加されていない状態のとき、すなわち、図10において、台座28の表面と鏡面34との間の間隙dがd₁のとき、最も明るい干渉反射光B₁₂となるように設定する。ここで、ダイアフラム32に圧力を印加していくと、ダイアフラム32が台座28側方向に変形して上記間隙dが小さくなっていく。そして間隙dが小さくなるに従って上記干渉反射光B₁₂は徐々に暗くなっていき、ダイアフラム32がλ/4(本発明においては、光源14の光の波長が670nmであることから、λ/4は167.5nmとなる)変形してd₀になったときに、間隙がd₁のときの光路差(2d₁)と間隙がd₀のときの光路差(2d₀)とがλ/2変化することから、最も暗い干渉反射光B₁₂となる。すなわち、図11のグラフにおける実線Xで示すように、ダイアフラム32の変形量がλ/4(167.5

nm)以下の範囲内において、台座28の表面と鏡面34との間の間隙dと、干渉反射光B₁₂の光強度とが、1対1の比例関係となるのである。

【0028】上記干渉反射光B₁₂は、光ファイバ16内を伝送され、該光ファイバ16の他端から射出された後、その約50%程度が上記ハーフミラー18を透過して受光部20であるフォトダイオードで受光される。フォトダイオードは、受光した干渉反射光B₁₂の光強度に比例した電流信号を出力する。すなわち、上記ダイアフラム32に圧力が印加されず、ダイアフラム32の変形量が0の場合に最大の電流信号を出力し、ダイアフラム32に所定の圧力が印加されて、ダイアフラム32の変形量が167.5nmとなった場合に最小の電流信号を出力することとなる。そして、フォトダイオードから出力された電流信号を、増幅部22の電流電圧変換回路で電圧信号に変換した後、増幅回路で増幅して出力する。出力された増幅電圧信号を、予め求めておいた印加圧力と増幅電圧との関係式に基づいて上記処理部24で圧力値に変換することにより、ダイアフラム32に印加された圧力を測定できるのである。

【0029】上記においては、ダイアフラム32に正の圧力(以下正圧という)が印加された場合の圧力測定方法について説明したが、本発明の圧力センサ10は、ダイアフラム32に負の圧力(以下負圧という)が印加された場合も、正圧と同様に圧力測定が可能である。すなわち、上記と同様に、図10における台座28の表面と鏡面34との間の間隙dがd₁のとき、最も明るい干渉反射光B₁₂となるように設定する。ここで、ダイアフラム32に負圧を印加していくと、正圧の場合とは反対に、ダイアフラム32が台座28と反対側方向に変形して上記間隙dが大きくなっていく。そして間隙dが大きくなるに従って干渉反射光B₁₂は徐々に暗くなっていき、ダイアフラム32がλ/4(167.5nm)変形してd₂(図示せず)となったときに、最も暗い干渉反射光B₁₂となる。すなわち、図11のグラフにおける点線Yで示すように、負圧が印加された場合においても、ダイアフラム32の変形量がλ/4(167.5nm)以下の範囲内において、台座28の表面と鏡面34との間の間隙dと、干渉反射光B₁₂の光強度とが、1対1の比例関係となるのである。従って、干渉反射光B₁₂を受光して出力された電流信号を、増幅部22の電流電圧変換回路で電圧信号に変換した後、増幅回路で増幅して出力し、この出力された増幅電圧信号を、予め求めておいた負圧と増幅電圧との関係式に基づいて上記処理部24で圧力値に変換することにより、負圧の測定ができるのである。

【0030】本発明の圧力センサ10にあっては、ダイアフラム32の変形量が、λ/4の周期で変化する毎に、干渉反射光B₁₂の明暗(光強度)が変化するが、ダイアフラム32の変形量がλ/4以下においては、間隙dと干渉反射光B₁₂の光強度とが、1対1の比例関係となる

ことから、斯かるλ/4以下の範囲内で、干渉反射光B₁₂の光強度を検出することにより、圧力測定ができるのである。従って、上記においては、ダイアフラム32の変形量が0の場合に、光強度が最大の干渉反射光B₁₂となるように設定した上で、ダイアフラム32の変形量がλ/4以下の範囲内において正圧又は負圧を測定する場合について説明したが、例えば、ダイアフラム32の変形量が0の場合の干渉反射光B₁₂の光強度を、最大強度の50%となるように設定すれば、図12のグラフに示すように、ダイアフラム32の変形量がそれぞれλ/8(83.75nm)以下の範囲内において正圧及び負圧の双方を測定することができるようになる。このように、ダイアフラム32の変形量が0の場合の干渉反射光B₁₂の光強度を適宜設定すると、干渉反射光B₁₂の光強度が最小乃至最大に至るλ/4の範囲内で、上記ダイアフラム32が変形した場合における正圧又は負圧を測定できることとなる。

【0031】尚、上記圧力センサ10の測定範囲は、ダイアフラム32の厚さを適宜変更することにより、調整可能である。すなわち、ダイアフラム32の厚さを厚くすれば、一定の圧力が印加された際のダイアフラム32の変形量が小さくなるため、測定範囲の広い圧力センサを得ることができる。一方、ダイアフラム32の厚さを薄くすれば、一定の圧力が印加された際のダイアフラム32の変形量が大きくなるため、高感度な圧力センサを得ることができる。

【0032】

【発明の効果】本発明に係る圧力センサにあっては、光の干渉を利用して光学的に圧力を測定するものであることから、測定対象が発火性のあるガスや液体等であっても、発火や爆発の危険性がなく安全に圧力の測定を行うことができると共に、電気信号を利用した場合に比べ、応答性の良好な圧力センサを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る圧力センサの全体構成図である。

【図2】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図3】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図4】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図5】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図6】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図7】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図8】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図9】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図10】本発明に係る圧力センサの測定方法の説明図である。

【図11】鏡面と台座部表面との間の間隙と干渉反射光の光強度との関係を示すグラフである。

【図12】鏡面と台座部表面との間の間隙と干渉反射光の光強度との関係を示すグラフである。

【図13】従来の半導体型圧力センサを示す概略断面図

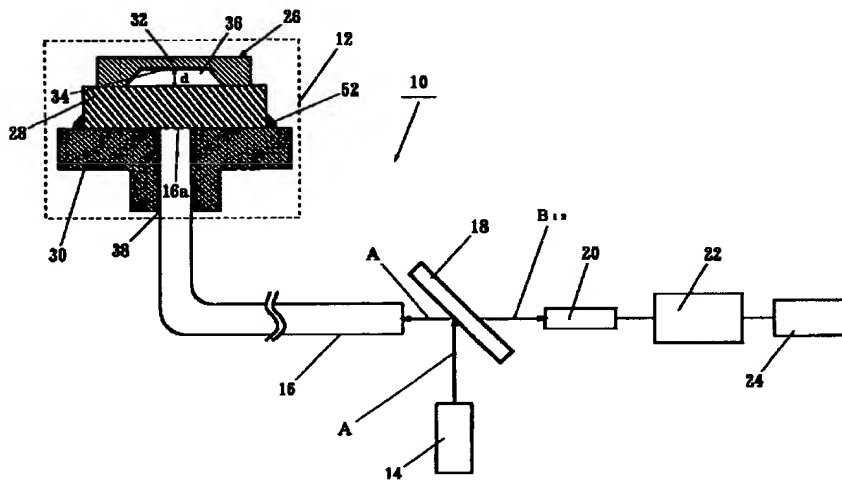
である。

【符号の説明】

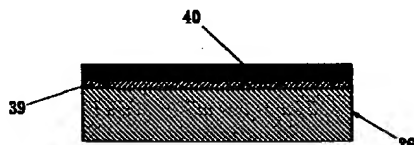
- 10 圧力センサ
- 12 センサ部
- 14 光源
- 16 光ファイバ
- 20 受光部
- 22 増幅部
- 24 処理部
- 26 シリコン基板

- 28 台座
- 30 金属フランジ
- 32 ダイアフラム
- 34 鏡面
- 36 空間
- d 間隙
- A 光源の光
- B₁ 第1の反射光
- B₂ 第2の反射光
- 10 B₁ 2 干渉反射光

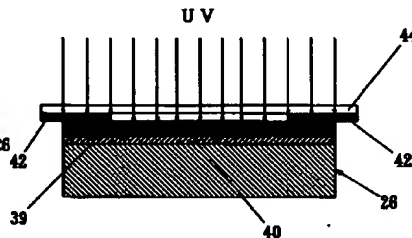
【図1】



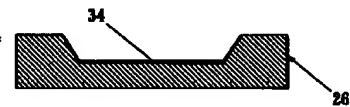
【図2】



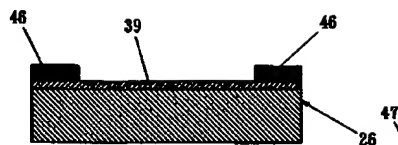
【図3】



【図7】



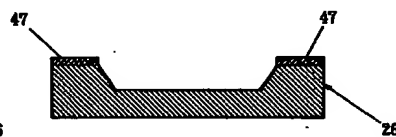
【図4】



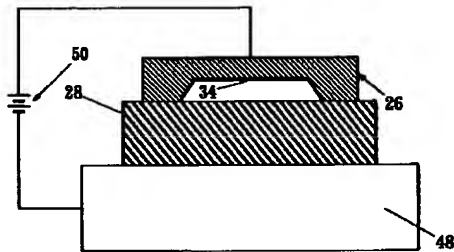
【図5】



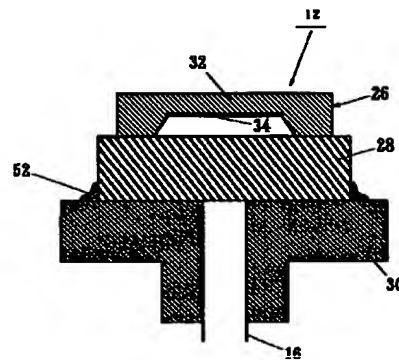
【図6】



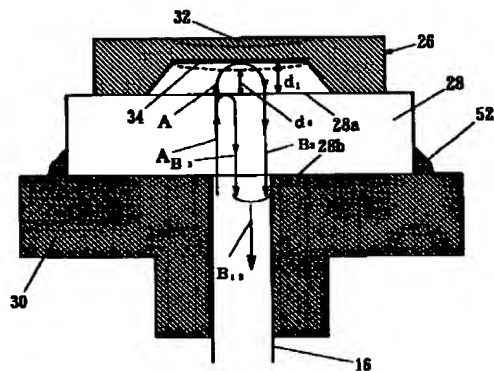
【図8】



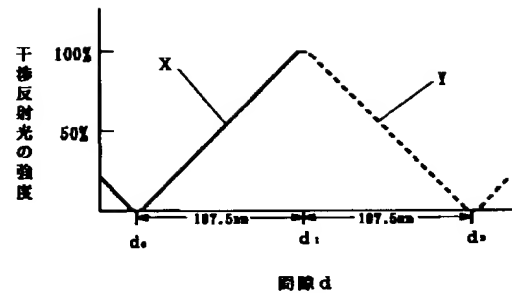
【図9】



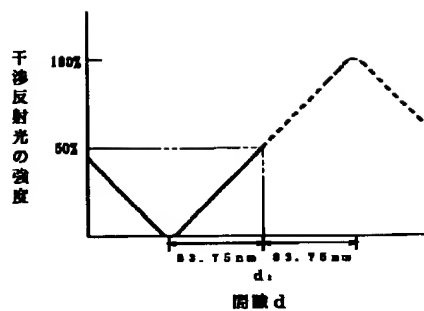
【図10】



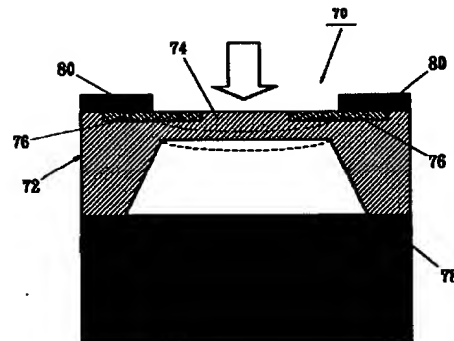
【図11】



【図12】



【図13】



【手続補正書】

【提出日】平成11年12月20日(1999.12.20)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】圧力センサ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 センサ部と、光源と、光源からの波長入の光を上記センサ部に伝送すると共に、センサ部からの反射光を伝送する光ファイバと、センサ部からの反射光を受光し、反射光の強度に比例した電気信号を出力する受光部と、該受光部で出力された電気信号を圧力値に変換する処理部とを備えた圧力センサであって、上記センサ部は、圧力に比例して弾性変形するダイアフラム及び該ダイアフラム裏面に形成された反射面とを有するセンサ基板と、該センサ基板の裏面に接合され、その表面が上記センサ基板の反射面と所定の間隙を隔てて平行配置される透光性材料より成る台座とを有すると共に、上記センサ基板と上記台座との間には空気の封入された空間が形成され、また、上記光ファイバは、その一端面が、上記台座を間に介して、上記反射面と対向配置されており、上記ダイアフラムに圧力が印加された際のダイアフラムの変形量が $\lambda/4$ (λ は光源からの光の波長)以下の範囲内において、上記光ファイバの一端面から上記台座内へ入射する光源からの光の内、台座の上端面で反射される第1の反射光と、台座の上端面から上記空間内に入射し、上記センサ基板の反射面で反射される第2の反射光とが干渉し合った干渉反射光の光強度が、上記ダイアフラムの変形量と1対1の比例関係となることを用い、上記ダイアフラムの変形量が0の場合の干渉反射光の光強度を適宜設定して、干渉反射光の光強度が最小乃至最大に至るダイアフラムの変形量 $\lambda/4$ の範囲内で、上記ダイアフラムが変形した場合における正圧又は負圧を測定することを特徴とする圧力センサ。

【請求項2】 上記センサ基板をシリコンで構成すると共に、上記台座をパイレックスガラスで構成し、上記シリコンで構成されたセンサ基板とパイレックスガラスで構成された台座とを陽極接合することを特徴とする請求項1に記載の圧力センサ。

【請求項3】 上記反射面を鏡面と成したことを特徴とする請求項1又は2に記載の圧力センサ。

【請求項4】 上記受光部をフォトダイオードで構成すると共に、該フォトダイオードから出力された電気信号を増幅する増幅部を設けたことを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の圧力センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、発火性のあるガスや液体等の流体の圧力を測定するのに好適な圧力センサに係り、特に、光の干渉現象を利用して圧力を測定する圧力センサに関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、流体等の圧力を測定するため、半導体型圧力センサが広く使用されている。図13は、斯かる従来の半導体型圧力センサ70の基本構成を示すものであり、該半導体型圧力センサ70は、シリコン基板72の裏面を一部くりねいて薄肉状に形成したダイア

ラム74と、シリコン基板72の表面に形成した複数のゲージ抵抗76と、シリコン基板72の裏面に接着されたガラス台座78とを備えている。また、上記複数のゲージ抵抗76は、配線80を介して結線されブリッジ回路(図示せず)を構成している。上記構成を有する半導体型圧力センサ70に圧力が印加されると、ダイアラム74が変形し、その結果、ゲージ抵抗76に歪みが生じ、その抵抗値が変化することとなる。従って、ブリッジ回路に電圧を印加し、ダイアラム74に圧力を印加した時の出力と、圧力を印加しないときの出力との電圧差を測定することにより、印加された圧力値を測定することができるのである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような従来の半導体型圧力センサ70は、電気信号を利用して圧力の測定を行うものであるため、測定対象が発火性のあるガスや液体等である場合には、ゲージ抵抗76間を結線する配線80の接続不良等に起因して生じる火花によって、ガスや液体が発火したり、爆発する危険性があり、安全な使用を確保することができなかった。また、電気信号を利用した上記半導体型圧力センサ70は、その応答性が悪いという欠点があった。

【0004】この発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、発火性のあるガスや液体等の流体の圧力を安全に測定することができると共に、応答性の良好な圧力センサを実現することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る圧力センサは、センサ部と、光源と、光源からの波長入の光を上記センサ部に伝送すると共に、センサ部からの反射光を伝送する光ファイバと、センサ部からの反射光を受光し、反射光の強度に比例した電気信号を出力する受光部と、該受光部で出力された電気信号を圧力値に変換する処理部とを備えた圧力センサであって、上記センサ部は、圧力に比例して弾性変形するダイアフラム及び該ダイアフラム裏面に形成された反射面とを有するセンサ基板と、該センサ基板の裏面に接合され、その表面が上記センサ基板の反射面と所定の間隙を隔てて平行配置される透光性材料より成る台座とを有すると共に、上記センサ基板と上記台座との間には空気の封入された空間が形成され、また、上記光ファイバは、その一端面が、上記台座を間に介して、上記反射面と対向配置されており、上記ダイアフラムに圧力が印加された際のダイアフラムの変形量が $\lambda/4$ (λ は光源からの光の波長)以下の範囲内において、上記光ファイバの一端面から上記台座内へ入射する光源からの光の内、台座の上端面で反射される第1の反射光と、台座の上端面から上記空間内に入射し、上記センサ基板の反射面で反射される第2の反射光とが干渉し合った干渉反射光の

光強度が、上記ダイアフラムの変形量と1対1の比例関係となることを用い、上記ダイアフラムの変形量が0の場合の干渉反射光の光強度を適宜設定して、干渉反射光の光強度が最小乃至最大に至るダイアフラムの変形量 $\lambda/4$ の範囲内で、上記ダイアフラムが変形した場合における正圧又は/及び負圧を測定することを特徴とする。

【0006】上記圧力センサにあっては、光源から波長 λ の光が出力されると、その光は、上記光ファイバによってセンサ部まで伝送され、透光性材料より成る上記台座内へ入射する。入射した光の一部は、台座の上端面で反射されて、第1の反射光として、台座の下端面から出射されて再び光ファイバ内へ入射する。一方、台座内へ入射した残りの光は、台座の上端面から出射し、ダイアフラム裏面に形成された上記反射面で全反射されて、第2の反射光として、再び台座内に入射した後、台座の下端面から出射されて光ファイバ内へ入射する。

【0007】従って、上記第2の反射光は、ダイアフラムに圧力が印加されていない状態のときの台座表面と反射面との間の間隙を d_1 とすると、台座表面と反射面との間の間隙を往復する距離($2d_1$)の分だけ、第1の反射光よりも長い光路を通ることとなる。すなわち、第1の反射光と第2の反射光との間には、台座表面と反射面との間の間隙を往復する距離に相当する光路差($2d_1$)が存在することとなり、斯かる光路差($2d_1$)の存在に起因して、上記第1の反射光と第2の反射光とは互いに干渉し合って干渉反射光として光ファイバ内を進むこととなる。この干渉反射光は、光源の光の波長を λ とすると、 $\lambda/2$ の周期毎に、上記第1の反射光と第2の反射光とが互いに強め合った明るい干渉反射光と、互いに弱め合った暗い干渉反射光とを交互に繰り返す。つまり、干渉反射光は、 $\lambda/2$ の周期毎にその明暗(光強度)が変化することとなる。

【0008】ここで、ダイアフラムに圧力が印加されていない状態のとき、すなわち、台座の表面と鏡面との間の間隙が d_1 のとき、最も明るい干渉反射光となるように設定したとする。ここで、ダイアフラムに圧力を印加していくと、ダイアフラムが台座側方向に変形して上記間隙が小さくなっていく。そして間隙が小さくなるに従って干渉反射光は徐々に暗くなっていき、ダイアフラムが $\lambda/4$ 変形し、例えば d_0 になったときに、間隙が d_1 のときの光路差($2d_1$)と間隙が d_0 のときの光路差($2d_0$)とが $\lambda/2$ 変化することから、最も暗い干渉反射光となる。つまり、ダイアフラムの変形量が $\lambda/4$ 以下の範囲内において、台座の表面と鏡面との間の間隙と、干渉反射光の光強度とが、1対1の比例関係となるのである。

【0009】上記干渉反射光は、光ファイバ内を伝送され、受光部で受光される。受光部は、反射光の強度に比例した電気信号を出力することから、ダイアフラムに圧力が印加されず、ダイアフラムの変形量が0の場合に最

大の電気信号を出力し、ダイアフラムに所定の圧力が印加されて、ダイアフラムの変形量が $\lambda/4$ となった場合に最小の電気信号を出力することとなる。従って、予め、印加圧力と受光部から出力される電気信号との関係式を求めておけば、上記処理部で電気信号を圧力値に変換する演算処理を行うことにより、ダイアフラムに印加された圧力を測定できるのである。

【0010】上記においては、ダイアフラムに正の圧力(以下正圧という)が印加された場合の圧力測定方法であるが、本発明の圧力センサは、ダイアフラムに負の圧力(以下負圧という)が印加された場合も、正圧と同様に圧力測定が可能である。すなわち、上記と同様に、ダイアフラムに圧力が印加されず台座の表面と鏡面との間の間隙が d_1 のとき、最も明るい干渉反射光となるように設定する。ここで、ダイアフラムに負圧を印加していくと、正圧の場合とは反対に、ダイアフラムが台座と反対側方向に変形して上記間隙が大きくなっていく。そして間隙が大きくなるに従って干渉反射光は徐々に暗くなっていき、ダイアフラムが $\lambda/4$ 変形したときに最も暗い干渉反射光となる。すなわち、負圧が印加された場合においても、ダイアフラムの変形量が $\lambda/4$ 以下の範囲内において、台座の表面と鏡面との間の間隙と、干渉反射光の光強度とが、1対1の比例関係となるのである。従って、受光部が、干渉反射光を受光して出力された電気信号を予め求めておいた負圧と増幅電圧との関係式に基づいて上記処理部で圧力値に変換する演算処理を行うことにより、負圧の測定ができるのである。

【0011】本発明の圧力センサにあっては、ダイアフラムの変形量が、 $\lambda/4$ の周期で変化する毎に、干渉反射光の明暗(光強度)が変化するが、ダイアフラムの変形量が $\lambda/4$ 以下においては、台座の表面と鏡面との間の間隙と干渉反射光の光強度とが、1対1の比例関係となることから、斯かる $\lambda/4$ 以下の範囲内で、干渉反射光の光強度を検出することにより、圧力測定ができるのである。従って、上記においては、ダイアフラムの変形量が0の場合に、光強度が最大の干渉反射光となるように設定した上で、ダイアフラムの変形量が $\lambda/4$ 以下の範囲内において正圧又は負圧を測定する場合について説明したが、例えば、ダイアフラムの変形量が0の場合の干渉反射光の光強度を、最大強度の50%となるように設定すれば、ダイアフラムの変形量がそれぞれ $\lambda/8$ 以下の範囲内において正圧及び負圧の双方を測定することができるようになる。このように、ダイアフラムの変形量が0の場合の干渉反射光の光強度を適宜設定すると、干渉反射光の光強度が最小乃至最大に至る $\lambda/4$ の範囲内で、上記ダイアフラムが変形した場合における正圧又は/及び負圧を測定できることとなる。

【0012】上記センサ基板をシリコンで構成すると共に、上記台座をパイレックスガラスで構成し、上記シリコンで構成されたセンサ基板とパイレックスガラスで構

成された台座とを陽極接合した場合には、接着剤を使用せずにセンサ基板と台座とを接合できるため、センサ基板の反射面と台座表面との間の平行度を高めることができる。尚、上記反射面を鏡面と成すことにより、光源からの光の反射効率を高めることができる。上記受光部は、動作速度の速いフォトダイオードで構成すると共に、フォトダイオードから出力される微小な電気信号を増幅する増幅部を設けるのが望ましい。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を、図面に基づいて説明する。図1は、本発明に係る圧力センサ10を示す全体構成図である。本発明の圧力センサ10は、センサ部12と、光源14と、光源14からの光をセンサ部12に伝送すると共に、センサ部12からの反射光を伝送する光ファイバ16と、光源14からの光を光ファイバ内へ入射すると共に、センサ部12からの反射光を透過するハーフミラー18と、センサ部12からの反射光を受光し、反射光の強度に比例した電気信号を出力する受光部20と、受光部20で出力された電気信号を増幅する増幅部22と、該増幅部22で増幅された電気信号を圧力値に変換する演算処理を行う処理部24とを備えている。

【0014】上記センサ部12は、センサ基板としてのシリコン基板26と、該シリコン基板26の裏面と陽極接合され、シリコン基板12を支持する透光性材料、本実施の形態においてはガラス板より成る台座28と、該台座28の裏面に接着された金属フランジ30とから構成されている。

【0015】上記シリコン基板26は、その裏面を一部削って薄肉に形成したダイアフラム32を有している。該ダイアフラム32は可撓性を有し、その表面に圧力が印加されると、印加された圧力に比例して弾性変形するようになっている。上記ダイアフラム32の裏面は、光源からの光を反射するための反射面を構成しており、本発明においては、光の反射効率を高めるため鏡面34と成している。上記シリコン基板26と台座28との間には、上記ダイアフラム32を形成するために削り取ったシリコンの体積に相当する空間36が形成されており、該空間36には空気が封入されている。尚、上記シリコン基板26と台座28とは、鏡面34と台座28の表面とが所定の隙間dを隔てて平行配置されるように接合されている。

【0016】上記金属フランジ30の中央には、その軸線に沿って上端から下端まで貫通する貫通孔38が形成されており、該貫通孔38には、上記光ファイバ16の一端側が挿通され、光ファイバ16の端面16aが上記台座28の裏面と当接されている。また、光ファイバ16の端面16aと、シリコン基板26の鏡面34とが、上記空間36及び台座28を間に介して対向配置されている。

【0017】尚、図示の便宜上、図1においては、センサ部12の大きさを強調して描かれているが、上記シリコン基板26は5mm角で厚さが0.1~0.5mm程度、ダイアフラム32の鏡面34は2mm角程度、台座28は7mm角で厚

さ1mm程度、また、シリコン基板26の鏡面34と台座28の表面との間の隙間dは1~10μm程度である。また、光ファイバ16の直径は1mm程度である。

【0018】上記光源14は、670nmの波長の光を出力する半導体レーザで構成されている。また、上記受光部20は、動作速度が速く、光の強度に比例した電流信号を出力するフォトダイオードで構成されている。さらに、上記増幅部22は、上記フォトダイオードから出力される電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換回路と、変換された電圧信号を増幅する増幅回路とから構成されている。

【0019】以下において、上記センサ部12の製造方法を、図2乃至図9に基づいて説明する。まず、シリコン基板26の一面を酸化させることにより、SiO₂薄膜39を形成し、その後、上記SiO₂薄膜39の一面全域に、フォトレジスト40を均一に塗布する(図2)。次に、フォトレジスト40の上方に、中央の方形部分を除いて遮光塗料42が塗布されたフォトマスク44を被せ、紫外線UVによる露光処理を施す(図3)。この結果、遮光塗料42によって紫外線UVが遮られる部分を除き、フォトレジスト40の表面が感光する。つぎに、所定の薬品を用いてフォトレジスト40の中で感光された部分を除去し、SiO₂薄膜39の一面にフォトレジスト・マスク46を形成する(図4)。

【0020】つぎに、BHF(Buffered 弗酸を用いたウェットエッチング)により、SiO₂薄膜39の中でフォトレジスト・マスク46で覆われていない部分を除去した後に、フォトレジスト・マスク46を剥離することにより、酸化膜マスク47を形成する(図5)。

【0021】その後、シリコン基板26の一面に異方性ウェットエッチングを施すことにより、上記酸化膜マスク47で覆われていない部分を侵食させてシリコン基板26の一面に凹部を形成する(図6)。さらに、上記異方性ウェットエッチングを進めることにより、上記凹部底面を鏡面34と成した後、上記酸化膜マスク47を剥離する(図7)。尚、異方性ウェットエッチング用のエッチング液としては、KOH水溶液(KOHの割合が40重量%)を用いており、その溶液温度は摂氏20~50度程度に設定される。

【0022】つぎに、上記シリコン基板26と台座28とを、陽極接合法を用いて接合する。この陽極接合法は、図8に示すように、内部にNa⁺やH⁺などの可動イオンを含むガラス、例えばバイレックスガラスで構成された台座28をホットプレート48上に載置すると共に、該台座28の表面上に、上記シリコン基板26を、凹部の形成されている一面周辺部が台座28表面に当接するように載置する。また、上記台座28には、ホットプレート48を経由して直流電源50のマイナス側が接続されると共に、上記シリコン基板26には直流電源50のプラス側を接続する。そして、上記ホットプレート48によって、上記台座

28及びシリコン基板26を摂氏200～600度に加熱した状態で、上記直流電源50より50～1000Vの直流電圧を印加する。この結果、一定時間経過後にはパイレックスガラスで構成された台座28中の陽イオンがマイナス側（すなわち台座28の裏面近傍）に移動すると共に、台座28の表面とシリコン基板26との界面近傍にマイナスの電荷が集中して空間電荷層が現れ、大きな吸引力を伴う化学結合が生じて陽極接合が実現されるのである。而して、本発明の圧力センサ10は、後述するように、光の反射を利用して圧力測定を行うものであることから、シリコン基板26の鏡面34と台座28表面との間の平行度が極めて重要となるが、上記陽極接合法は接着剤を使用しないため、極めて高い平行度でシリコン基板26と台座28との接合を行うことができる。

【0023】シリコン基板26と台座28との陽極接合が完了した後、シリコン基板26の他面を研磨して、所定の肉厚を有するダイアフラム32を形成する。その後、台座28裏面に、光ファイバ16が貫通孔38に挿通された状態の金属フランジ30の表面を接着し、最後に、台座28と金属フランジ30との接着部周縁を接着材52で固定することにより、上記センサ部12を製造することができるのである（図9）。

【0024】次に、上記圧力センサ10によって圧力を測定する方法について説明する。上記光源14から出力された670nmの波長の光Aは、ハーフミラー18によって約50%程度が反射されて、光ファイバ16内へ入射する。光ファイバ16内を伝送された光Aは、光ファイバ16の一端から出射されて台座28内へ入射する。台座28内へ入射した光Aの一部は、図10に示すように、台座28の上端面28aで反射されて、第1の反射光B₁として、台座28の下端面28bから出射されて再び光ファイバ16内へ入射する。一方、台座28内へ入射した残りの光Aは、台座28の上端面28aから空間36内に入射し、鏡面34で全反射されて、第2の反射光B₂として、再び台座28内に入射した後、台座28の下端面28bから出射されて光ファイバ16内へ入射する。

【0025】図10において、台座28の表面と鏡面34との間の間隙をd₁とすると、第2の反射光B₂は、上記間隙d₁を往復する距離（2d₁）の分だけ、第1の反射光B₁よりも長い光路を通ることとなる。すなわち、第1の反射光B₁と第2の反射光B₂の間には、光路差（2d₁）が存在することとなり、斯かる光路差（2d₁）の存在に起因して、第1の反射光B₁と第2の反射光B₂とは互いに干渉し合って干渉反射光B₁₂として光ファイバ16内を進むこととなる。

【0026】そして、空気の充填された空間36内を進んだ後、シリコン基板26の鏡面34で全反射される第2の反射光B₂は、その位相がλ/2（λは光源の光の波長）ずれることとなる。この結果、光路差（2d₁）がλ/2の奇数倍の時は、第1の反射光と第2の反射光とは、互

いに強め合って明るい干渉反射光B₁₂となり、一方、光路差（2d₁）がλ/2の偶数倍の時は、第1の反射光B₁と第2の反射光B₂とは、互いに弱め合って暗い干渉反射光B₁₂となる。つまり、λ/2の周期毎に干渉反射光B₁₂の明暗（光強度）が変化するのである。

【0027】今、ダイアフラム32に圧力が印加されていない状態のとき、すなわち、図10において、台座28の表面と鏡面34との間の間隙dがd₁のとき、最も明るい干渉反射光B₁₂となるように設定する。ここで、ダイアフラム32に圧力を印加していくと、ダイアフラム32が台座28側方向に変形して上記間隙dが小さくなっていく。そして間隙dが小さくなるに従って上記干渉反射光B₁₂は徐々に暗くなっていき、ダイアフラム32がλ/4（本発明においては、光源14の光の波長が670nmであることから、λ/4は167.5nmとなる）変形してd₀になったときに、間隙がd₁のときの光路差（2d₁）と間隙がd₀のときの光路差（2d₀）とがλ/2変化することから、最も暗い干渉反射光B₁₂となる。すなわち、図11のグラフにおける実線Xで示すように、ダイアフラム32の変形量がλ/4（167.5nm）以下の範囲内において、台座28の表面と鏡面34との間の間隙dと、干渉反射光B₁₂の光強度とが、1対1の比例関係となるのである。

【0028】上記干渉反射光B₁₂は、光ファイバ16内を伝送され、該光ファイバ16の他端から出射された後、その約50%程度が上記ハーフミラー18を透過して受光部20であるフォトダイオードで受光される。フォトダイオードは、受光した干渉反射光B₁₂の光強度に比例した電流信号を出力する。すなわち、上記ダイアフラム32に圧力が印加されず、ダイアフラム32の変形量が0の場合に最大の電流信号を出力し、ダイアフラム32に所定の圧力が印加されて、ダイアフラム32の変形量が167.5nmとなった場合に最小の電流信号を出力することとなる。そして、フォトダイオードから出力された電流信号を、増幅部22の電流電圧変換回路で電圧信号に変換した後、増幅回路で増幅して出力する。出力された増幅電圧信号を、予め求めておいた印加圧力と増幅電圧との関係式に基づいて上記処理部24で圧力値に変換することにより、ダイアフラム32に印加された圧力を測定できるのである。

【0029】上記においては、ダイアフラム32に正の圧力（以下正圧という）が印加された場合の圧力測定方法について説明したが、本発明の圧力センサ10は、ダイアフラム32に負の圧力（以下負圧という）が印加された場合も、正圧と同様に圧力測定が可能である。すなわち、上記と同様に、図10における台座28の表面と鏡面34との間の間隙dがd₁のとき、最も明るい干渉反射光B₁₂となるように設定する。ここで、ダイアフラム32に負圧を印加していくと、正圧の場合とは反対に、ダイアフラム32が台座28と反対側方向に変形して上記間隙dが

大きくなっていく。そして間隙 d が大きくなるに従って干渉反射光 B_{12} は徐々に暗くなっていき、ダイアフラム32が $\lambda/4$ (167.5nm) 変形して d_2 (図示せず) となったときに、最も暗い干渉反射光 B_{12} となる。すなわち、図11のグラフにおける点線 Y で示すように、負圧が印加された場合においても、ダイアフラム32の変形量が $\lambda/4$ (167.5nm) 以下の範囲内において、台座28の表面と鏡面34との間の間隙 d と、干渉反射光 B_{12} の光強度とが、1対1の比例関係となるのである。従って、干渉反射光 B_{12} を受光して出力された電流信号を、増幅部22の電流電圧変換回路で電圧信号に変換した後、増幅回路で増幅して出力し、この出力された増幅電圧信号を、予め求めておいた負圧と増幅電圧との関係式に基づいて上記処理部24で圧力値に変換することにより、負圧の測定ができるのである。

【0030】本発明の圧力センサ10にあっては、ダイアフラム32の変形量が、 $\lambda/4$ の周期で変化する毎に、干渉反射光 B_{12} の明暗(光強度)が変化するが、ダイアフラム32の変形量が $\lambda/4$ 以下においては、間隙 d と干渉反射光 B_{12} の光強度とが、1対1の比例関係となることから、斯かる $\lambda/4$ 以下の範囲内で、干渉反射光 B_{12} の光強度を検出することにより、圧力測定ができるのである。従って、上記においては、ダイアフラム32の変形量が0の場合に、光強度が最大の干渉反射光 B_{12} となるように設定した上で、ダイアフラム32の変形量が $\lambda/4$ 以下の範囲内において正圧又は負圧を測定する場合について説明したが、例えば、ダイアフラム32の変形量が0の場合の干渉反射光 B_{12} の光強度を、最大強度の50%となるように設定すれば、図12のグラフに示すように、ダイアフラム32の変形量がそれぞれ $\lambda/8$ (83.75nm) 以下の範囲内において正圧及び負圧の双方を測定することができるようになる。このように、ダイアフラム32の変形量が0の場合の干渉反射光 B_{12} の光強度を適宜設定すると、干渉反射光 B_{12} の光強度が最小乃至最大に至る $\lambda/4$ の範囲内で、上記ダイアフラム32が変形した場合における正圧又は及び負圧を測定できることとなる。

【0031】尚、上記圧力センサ10の測定範囲は、ダイアフラム32の厚さを適宜変更することにより、調整可能である。すなわち、ダイアフラム32の厚さを厚くすれば、一定の圧力が印加された際のダイアフラム32の変形量が小さくなるため、測定範囲の広い圧力センサを得ることができる。一方、ダイアフラム32の厚さを薄くすれば、一定の圧力が印加された際のダイアフラム32の変形量が大きくなるため、高感度な圧力センサを得ることが

できる。

【0032】

【発明の効果】本発明に係る圧力センサにあっては、光の干渉を利用して光学的に圧力を測定するものであることから、測定対象が発火性のあるガスや液体等であっても、発火や爆発の危険性がなく安全に圧力の測定を行うことができると共に、電気信号を利用した場合に比べ、応答性の良好な圧力センサを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る圧力センサの全体構成図である。

【図2】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図3】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図4】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図5】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図6】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図7】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図8】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図9】センサ部の製造過程を示す説明図である。

【図10】本発明に係る圧力センサの測定方法の説明図である。

【図11】鏡面と台座部表面との間の間隙と干渉反射光の光強度との関係を示すグラフである。

【図12】鏡面と台座部表面との間の間隙と干渉反射光の光強度との関係を示すグラフである。

【図13】従来の半導体型圧力センサを示す概略断面図である。

【符号の説明】

10	圧力センサ
12	センサ部
14	光源
16	光ファイバ
20	受光部
22	増幅部
24	処理部
26	シリコン基板
28	台座
30	金属フランジ
32	ダイアフラム
34	鏡面
36	空間
d	間隙
A	光源の光
B_1	第1の反射光
B_2	第2の反射光
B_{12}	干渉反射光

フロントページの続き

(72)発明者 成田 博
長野県塩尻市広丘高出1946-5
(72)発明者 上村 喜一
長野県長野市若里500 信州大学工学部内
(72)発明者 小沼 義治
長野県長野市若里500 信州大学工学部内
(72)発明者 江畑 徹
長野県長野市若里500 信州大学工学部内

(72)発明者 森 厚伸
長野県長野市若里500 信州大学工学部内
Fターム(参考) 2F055 AA39 BB20 CC02 DD05 EE31
FF41 GG12
2H038 AA05
4M112 AA01 BA10 CA15 DA04 DA11
DA18 EA02 EA13 GA01 GA03